



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

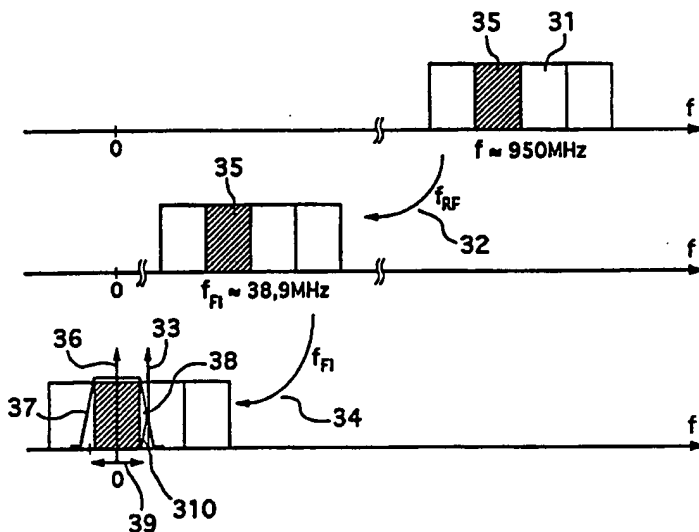
(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>H04L 5/06</b>	<b>A1</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 95/34967</b> (43) Date de publication internationale: 21 décembre 1995 (21.12.95)
<p>(21) Numéro de la demande internationale: <b>PCT/FR95/00775</b></p> <p>(22) Date de dépôt international: <b>13 juin 1995 (13.06.95)</b></p> <p>(30) Données relatives à la priorité: <b>94/07612</b>      <b>16 juin 1994 (16.06.94)</b>      <b>FR</b></p> <p>(71) Déposants (pour tous les Etats désignés sauf US): <b>FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6, place d'Alleray, F-75015 Paris (FR). TELEDIFFUSION DE FRANCE [FR/FR]; 10, rue d'Oradour-sur-Glane, F-75732 Paris Cédex 15 (FR).</b></p> <p>(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): <b>MICHON, Vincent [FR/FR]; 28, square Jean-Jacques-Rousseau, F-35000 Rennes (FR). LE FLOCH, Bernard [FR/FR]; 1A, rue Victor-Hugo, F-35000 Rennes (FR). SUEUR, Bertrand [FR/FR]; 11, quai de Chateaubriand, F-35000 Rennes (FR). RIVIERE, Marc [FR/FR]; La Boutonnière, F-35340 Liffre (FR).</b></p> <p>(74) Mandataire: <b>VIDON, Patrice; Cabinet Patrice Vidon, Immeuble Germanium, 80, avenue des Buttes-de-Coësmes, F-35700 Rennes (FR).</b></p>	<p>(81) Etats désignés: <b>CA, JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b></p> <p><b>Publiée</b> <i>Avec rapport de recherche internationale.</i></p>	

(54) Title: OFDM SIGNAL ORGANIZED SO AS TO SIMPLIFY RECEPTION

(54) Titre: SIGNAL OFDM ORGANISE DE FAÇON A SIMPLIFIER LA RECEPTION

(57) Abstract

The invention relates to a signal intended to be transmitted towards a plurality of receivers, of the type comprising at least two source signals and consisting of a plurality of independently modulated substantially orthogonal carrier frequencies distributed over a predetermined frequency band. According to the invention, said frequency band (12) is divided into at least two frequency sub-bands (13<sub>1</sub> - 13<sub>4</sub>) each comprising a set of said substantially orthogonal carrier frequencies (11), and to each of said sub-bands is allocated one of said source signals, so that a receiver may retrieve from the transmitted signal, by filtration, at least one of said sub-bands and perform demodulation processing only on the carrier frequencies contained in the retrieved sub-bands. The invention also relates to a transmission process as well as to a receiver of such signal.



(57) Abrégé

L'invention concerne un signal destiné à être transmis vers une pluralité de récepteurs, du type comprenant au moins deux signaux source et constitué d'une pluralité de fréquences porteuses sensiblement orthogonales modulées indépendamment, réparties sur une bande de fréquence déterminée. Selon l'invention, ladite bande de fréquence (12) est découpée en au moins deux sous-bandes de fréquence (13; à 13a) comprenant chacune un jeu desdites fréquences porteuses sensiblement orthogonales (11), et on affecte à chacune desdites sous-bandes l'un desdits signaux source, de façon qu'un récepteur puisse extraire du signal transmis, par filtrage, au moins une desdites sous-bandes et effectuer un traitement de démodulation uniquement sur les fréquences porteuses contenues dans les sous-bandes extraites. L'invention concerne également un procédé d'émission ainsi qu'un récepteur d'un tel signal.

**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	GB	Royaume-Uni	MR	Mauritanie
AU	Australie	GE	Géorgie	MW	Malawi
BB	Barbade	GN	Guinée	NE	Niger
BE	Belgique	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BF	Burkina Faso	HU	Hongrie	NO	Norvège
BG	Bulgarie	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BJ	Bénin	IT	Italie	PL	Pologne
BR	B Brésil	JP	Japon	PT	Portugal
BY	Bélarus	KE	Kenya	RO	Roumanie
CA	Canada	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CF	République centrafricaine	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CG	Congo	KR	République de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KZ	Kazakhstan	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	SN	Sénégal
CN	Chine	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie	LV	Lettonie	TG	Togo
CZ	République tchèque	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DE	Allemagne	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
DK	Danemark	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	US	Etats-Unis d'Amérique
FI	Finlande	MN	Mongolie	UZ	Ouzbékistan
FR	France			VN	Viet Nam
GA	Gabon				

**SIGNAL OFDM ORGANISE DE FACON A SIMPLIFIER LA RECEPTION**

Le domaine de l'invention est celui de la transmission de signaux mettant en  
5 oeuvre simultanément une pluralité de fréquences porteuses orthogonales (ou quasi-orthogonales) et codées chacune par des éléments de données distincts.

Ces signaux sont généralement appelés signaux OFDM (Orthogonal Frequency  
Division Multiplex(multiplexage de fréquences orthogonales)). Un tel signal OFDM est  
par exemple utilisé dans le système de diffusion numérique décrit notamment dans le  
10 brevet français FR-86 096322 déposé le 2 juillet 1986 et dans le document "Principes de modulation et de codage canal en radiodiffusion numérique vers les mobiles" (M. Alard et R. Lassalle ; Revue de l'U.E.R, n° 224, août 1987, pp. 168-190), et connu sous le nom de système COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex (multiplexage de fréquences orthogonales codées)).

15 Ce système COFDM a notamment été développé dans le cadre du projet européen DAB (Digital Audio Broadcasting (diffusion audionumérique)). Il est numérique. Plus généralement, il permet la transmission de tout type de signaux numériques ou analogiques (échantillonnés mais non nécessairement quantifiés).

La démodulation de ces signaux numériques à multiplex de fréquences nécessite  
20 l'utilisation de démodulateurs spécifiques. Un tel démodulateur est par exemple décrit dans le document de brevet FR-86 09622 précité.

On sait qu'un des éléments essentiels d'un récepteur de signaux multiporteuses est le circuit de démodulation, qui extrait du signal reçu (le multiplex de porteuses orthogonales) l'information brute portée par chaque porteuse prise séparément.

25 Classiquement, ce circuit réalise une transformation mathématique du signal, et par exemple une transformée de Fourier discrète (TFD). De nombreuses autres transformées peuvent être utilisées. Toutefois, par la suite, on désigne par simplification non limitative ce circuit sous les termes de circuit TFD.

30 La complexité d'un tel circuit est proportionnelle d'une part au nombre de fréquences transmises simultanément (dimension fréquentielle), et d'autre part à la durée

$T_s$ , des symboles transmis (dimension temporelle). Ce circuit TFD est un élément complexe et donc coûteux. Il est donc crucial de simplifier ce circuit, notamment pour les récepteurs à bas coût.

Selon les techniques connues, on limite la dimension temporelle, en réduisant le temps symbole  $T_s$  et/ou l'intervalle de garde  $\Delta$  inséré entre deux symboles consécutifs. Cela permet de limiter le nombre de données traitées par la TFD, au détriment bien sûr de la qualité du signal reçu. En effet, plus le temps symbole est long, plus l'effet de sélectivité du canal est réduit, et pour un intervalle de garde donné permettant de limiter l'Interférence Inter Symboles à une valeur préalablement choisie, le débit transmis augmente avec la longueur du temps-symbole.

En d'autres termes, le choix de la taille TFD est toujours un compromis entre la qualité du signal reçu et le coût de revient de cette TFD.

Il n'est pas possible d'agir, selon les techniques connues, sur la dimension fréquentielle. La TFD doit prendre en compte systématiquement l'ensemble des  $N$  porteuses formant le multiplex transmis, même si l'information recherchée par le récepteur est répartie sur seulement une partie des fréquences porteuses.

En effet, classiquement, un signal OFDM émis peut porter plusieurs signaux indépendants. Par exemple, dans le cas de signaux de télévision, on peut prévoir d'émettre quatre signaux distincts à 6 Mbit/s sur un signal OFDM occupant une bande de 8 MHz (avec une efficacité spectrale de 4 bit/s/Hz). Bien que l'on souhaite récupérer un seul signal source, il est nécessaire de prendre en compte toutes les porteuses en entrée de la TFD, ce qui induit des calculs complexes et partiellement inutiles.

Par ailleurs, il est avantageux, en général, d'utiliser le plus possible de fréquences porteuses, notamment pour augmenter la durée des symboles transmis, comme indiqué précédemment.

A nouveau, on se trouve confronté à un compromis entre le nombre de porteuses et la complexité du circuit de démodulation.

L'invention a notamment pour objectif de pallier ces inconvénients de l'état de la technique.

Plus précisément, un objectif de l'invention est de fournir une technique

permettant de réduire les traitements à effectuer dans les récepteurs, sans perte de qualité du signal, c'est-à-dire, notamment, sans qu'il soit nécessaire de réduire le temps symbole.

5 Un autre objectif de l'invention est de fournir une telle technique, n'induisant pas de contraintes trop lourdes au niveau de l'émission, et notamment ne nécessitant pas d'élargissement de la bande de fréquence utilisée.

L'invention a également pour objectif de fournir une telle technique, permettant de définir plusieurs niveaux de qualité de récepteurs.

10 Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints selon l'invention par un signal destiné à être transmis vers une pluralité de récepteurs, du type comprenant au moins deux signaux source et constitué d'une pluralité de fréquences porteuses sensiblement orthogonales modulées indépendamment, réparties sur une bande de fréquence déterminée,

15 signal dans lequel ladite bande de fréquence est découpée en au moins deux sous-bandes fréquentielles comprenant chacune un jeu desdites fréquences porteuses sensiblement orthogonales, et dans lequel on affecte à chacune desdites sous-bandes l'un desdits signaux source, de façon qu'un récepteur puisse extraire du signal transmis, par filtrage, au moins une desdites sous-bandes et effectuer un traitement de démodulation uniquement sur les fréquences porteuses contenues dans les sous-bandes extraites.

20 Par sous-bandes, on entend des sous-ensembles de porteuses non nécessairement disjoints (une porteuse peut appartenir à plusieurs sous-bandes), ni contigus (deux porteuses d'une sous-bande peuvent être séparés par une ou plusieurs porteuses n'appartenant pas à cette sous-bande). On peut également prévoir que certains signaux source soient "vides", c'est-à-dire associés à des porteuses non émises.

25 Ainsi, l'invention concerne une nouvelle structure de signal à multiplex de porteuses orthogonales permettant de limiter les traitements effectués dans les récepteurs.

30 Plus précisément, l'invention permet de décorréler le nombre  $Q$  de porteuses traitées dans le récepteur du nombre  $P$  ( $Q < P$ ) de porteuses émises. Ainsi, on bénéficie à l'émission des avantages d'une "grande" TFD inverse ( $P$  points) et à la réception des avantages d'une "petite" TFD ( $Q$  points).

Il est à noter que cette structure de signal est sans rapport avec la technique classique consistant à émettre chaque signal source indépendamment, dans des bandes de fréquences distinctes et disjointes.

5 En effet, dans ce cas, il s'agit de signaux différents, émis par des émetteurs a priori différents. Cela peut induire des écarts de puissance très importants, et donc des perturbations, entre deux signaux. Au contraire, selon l'invention, un seul signal est synthétisé et transmis.

10 Par ailleurs, selon la technique connue, il est nécessaire de ménager une bande de fréquence très importante (de l'ordre de 1 MHz) entre deux signaux pour limiter les interférences (orthogonalité par supports fréquentiels disjointes). Au contraire, selon l'invention, les sous-bandes peuvent être jointives, du fait que le signal émis est synthétisé comme un tout, et que les porteuses sont orthogonales, même de sous-bande à sous-bande.

15 Cette structure de signal n'est pas évidente au vu des signaux OFDM connus. En effet, d'une part, elle va a priori à l'encontre de l'idée qu'il est préférable de répartir les données sur la bande de fréquence la plus large possible, pour bénéficier de la meilleure diversité en fréquence. D'autre part, elle ne peut pas être exploitée directement dans les récepteurs OFDM. Comme cela apparaîtra par la suite, il est en effet nécessaire de contrôler la transposition du signal reçu, pour centrer la (ou les) sous-bande (s) souhaitée(s).

20 Avantageusement, lesdites sous-bandes sont jointives.

25 De façon préférentielle, lesdites sous-bandes présentent des largeurs de bandes identiques. Cela permet de simplifier le traitement dans les récepteurs, et de conserver plus facilement au niveau de l'émission une bonne diversité en fréquence, dès lors qu'un décodage adéquat, de préférence à maximum de vraisemblance, est mis en oeuvre indépendamment sur chaque sous-bande.

Optionnellement, l'affectation desdits signaux source auxdites sous-bandes peut être variable dans le temps, de façon à améliorer la diversité en fréquence.

30 Par exemple, ladite affectation peut être modifiée à chaque trame dudit signal. Une trame est un ensemble de un ou plusieurs symboles.

On peut notamment prévoir que l'émetteur réalise, à chaque nouvelle trame, une permutation de l'affectation. Ainsi on peut combattre les évanouissements sélectifs affectant chacune des sous-bandes par la diversité fréquentielle maximale permise par la bande occupée par l'ensemble de ces sous-bandes.

5 Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention au moins un premier desdits signaux source correspond à des informations de base d'un programme et au moins un second desdits signaux source correspond à des informations complémentaires desdites informations de base, de façon à définir au moins deux niveaux de qualité de récepteur :

- 10
- un premier niveau de qualité correspondant à des récepteurs capables de traiter uniquement la sous-bande correspondant audit premier signal source ; et
  - un second niveau de qualité correspondant à des récepteurs capables de traiter les sous-bandes correspondant auxdits premier et second signaux
- 15 source.

Par programme, on entend un ou plusieurs signaux source (ou composantes) dont les sous-bandes sont préférentiellement jointives. Ainsi, un programme peut avoir plusieurs composantes et, réciproquement, une composante peut appartenir à plusieurs programmes.

20 Cela permet notamment de définir plusieurs niveaux de qualité de récepteurs. Par exemple, dans le cas de signaux de télévision, on peut prévoir une première sous-bande comprenant des informations permettant de restituer une image de qualité moyenne et une seconde sous-bande comprenant soit des informations complémentaires permettant, en coopération avec les informations de la première sous-bande, de restituer une image haute

25 définition, soit des informations permettant de reconstituer une seconde image.

On peut alors définir au moins trois types de récepteurs :

- un récepteur bas de gamme ne traitant que la première sous-bande ;
  - un récepteur moyenne gamme qui traite l'une quelconque des première et seconde sous-bandes (voisines dans l'espace des fréquences, de
- 30 préférence) ;

- un récepteur haut de gamme, traitant tout le signal émis, et permettant soit la visualisation simultanée de plusieurs programmes, par exemple selon la technique d'insertion d'images ("picture in picture" en anglais), soit la restitution de l'image haute définition d'origine.

5 L'invention concerne également un procédé d'émission d'un signal tel que décrit ci-dessus et comprenant les étapes suivantes :

- affectation audit signal d'une bande de fréquence déterminée, dans laquelle est définie une pluralité de fréquences porteuses orthogonales ;
- découpage de ladite bande de fréquence en au moins deux sous-bandes de  
10 fréquence, comprenant chacune un jeu desdites fréquences porteuses sensiblement orthogonales ;
- réception d'au moins deux signaux source autonomes à émettre ;
- affectation à chacun desdits signaux source d'une desdites sous-bandes de fréquence ;
- 15 - regroupement desdites sous-bandes, de façon à former ledit signal à émettre ; et ;
- émission dudit signal à émettre.

Avantageusement, lesdites sous-bandes sont jointives.

20 Préférentiellement, ladite étape de regroupement des sous-bandes est précédée d'une étape de codage indépendant et d'entrelacement fréquentiel et temporel de chacun desdits signaux source, de façon à obtenir un jeu de signaux codés destinés à moduler chacun une desdites fréquences porteuses de la sous-bande affectée audit signal source.

L'invention concerne encore les récepteurs d'un tel signal. Avantageusement, ces récepteurs comprennent :

- 25 - des moyens de sélection d'un programme donné, correspondant à au moins une desdites sous-bandes ; et
- des moyens de transformation mathématique agissant sur les fréquences porteuses contenues dans la ou les sous-bandes sélectionnées.

30 Selon une caractéristique essentielle de l'invention, en effet, les moyens de sélection d'un programme donné permettent de réaliser une transposition du signal reçu



qui n'est pas une opération figée (contrairement aux techniques classiques). Au contraire, cette transposition subit un décalage fonction des sous-bandes souhaitées, avant l'application de la TFD. Bien-sûr, cette TFD ne porte que sur les sous-bandes extraites, ce qui réduit d'autant le traitement à effectuer.

5            Selon un premier mode de réalisation, de type analogique, lesdits moyens de sélection comprennent des moyens de transposition analogique comprenant un premier oscillateur de transposition RF et un second oscillateur de transposition FI, et des moyens de contrôle de la fréquence d'oscillation dudit premier et/ou dudit second oscillateur, en fonction de la ou des sous-bandes sélectionnées, de façon que celles-ci soient centrées sur  
10            une fréquence prédéterminée.

             Selon un second mode de réalisation, de type numérique, lesdits moyens de sélection comprennent des premiers moyens de transposition analogique numérique et des seconds moyens de transposition numérique variables en fonction de la ou des sous-bandes sélectionnées, et des moyens de sous-échantillonnage.

15            Préférentiellement, lesdits moyens de transformation mathématique agissent sur un nombre de fréquences porteuses légèrement supérieur au nombre de fréquences porteuses contenues dans la ou les sous-bandes extraites, de façon à compenser l'imperfection due au filtrage d'extraction desdites sous-bandes. Par imperfection, on entend notamment les replis de spectres résiduels.

20            D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est un exemple de signal selon l'invention, correspondant à 4 signaux de télévision indépendants de 6 Mbits/s chacun ;
- 25            - la figure 2 présente un schéma synoptique d'un émetteur construisant et émettant le signal illustré en figure 1 ;
- la figure 3 illustre le principe de la transposition en bande de base du signal selon l'invention ;
- la figure 4 est un exemple de démodulateur analogique selon l'invention ;
- 30            - la figure 5 est un exemple de démodulateur numérique selon l'invention.

Comme indiqué précédemment, l'invention concerne un signal formé d'une pluralité de fréquences orthogonales. Le mode de réalisation décrit par la suite correspond à la diffusion de quatre signaux de télévision, selon la technique COFDM déjà citée.

Il ne s'agit bien-sûr que d'un exemple : le nombre et la taille des sous-bandes, le type des signaux source et la technique d'émission mise en oeuvre peuvent varier.

Dans l'exemple de la figure 1, on considère donc un signal OFDM comprenant classiquement 8 192 porteuses 11 (dont 7 000 utiles), réparties sur une bande de fréquence 12 de 9 MHz. Avec un codage à un taux de 4 bit/s/Hz, il est alors possible de transmettre environ 24 Mbit/s.

Selon l'invention, la bande de fréquence 12 est découpée en 4 sous-bandes, ou blocs, 13<sub>i</sub> à 13<sub>4</sub>, pouvant porter chacun 6 Mbit/s. Ces 6 Mbit/s peuvent correspondre chacun à un programme de télévision de qualité standard. Le nombre et la taille des blocs sont bien sûr purement indicatifs.

Chaque bloc 13<sub>i</sub> porte des données correspondant à un signal indépendant ou autonome. En d'autres termes, il n'est pas nécessaire, pour reconstituer ce signal, de récupérer d'autres fréquences porteuses que celles du bloc considéré. Toutefois, aucune séparation n'est nécessaire, par exemple entre les porteuses 14 et 15.

Il est à noter cependant qu'un signal autonome ne correspond pas forcément directement à un programme (de télévision, par exemple). Il peut également s'agir de signaux complémentaires d'amélioration de la qualité d'un signal de base, ou plus généralement, de tout signal constitutif d'un ensemble.

Dans le cas d'un signal COFDM, le signal émis en RF est formé d'une succession temporelle de symboles de durée  $T_s = t_s + \Delta$  où  $t_s$  est la durée du symbole utile ( $t_s = NT$ ) sur laquelle portera la démodulation et où  $\Delta$  représente la durée de l'intervalle de garde.

Chaque symbole s'écrit alors :

$$x(t) = \sum_{i=0}^{B-1} x_i(t) = \sum_{i=0}^{B-1} \operatorname{Re} \sum_{k \in K_i} C_k e^{2\pi i f_k t}$$

où  $t \in [-\Delta, t_s]$

et  $f_k = f_0 + k/t_s$

avec  $C_k$  = élément de l'alphabet - fini ou non - de modulation

$f_0$  = fréquence arbitraire

$N$  = nombre total de porteuses synthétisées. Pour des raisons pratiques,  $N$  est souvent une puissance entière de 2 (par exemple  $N = 8192$ ) supérieure au nombre  $P$  de porteuses effectivement modulées. Les  $(N-P)$  porteuses supplémentaires (dites non émises) sont alors modulées par 0 ( $C_k = 0$  pour  $k \notin \xi$ ,  $\xi$  étant l'ensemble des porteuses utiles du signal.

ou encore

$$x(t) = \operatorname{Re} \sum_{k=0}^{N-1} C_k e^{2\pi i f_k t}$$

où :  $B$  est le nombre de blocs,

$K_i$  est l'ensemble des entiers  $[k_i, k_{i+1}[$

avec  $k_0 = 0$  et  $k_{i+1} = k_i + Q_i$  ( $Q_i$  quelconque, nombre de porteuses dans le bloc  $B_i$ ).

Par exemple, le signal peut être formé de 8 192 porteuses organisées en 6 blocs dont seulement 4 sont utiles :

-  $B_0$  formé de porteuses  $k_0 = 0$  à 595, porteuses non émises ;

-  $B_1$  formé de porteuses  $k_1 = 596$  à 2345, à porteuses allouées à un premier programme ;

-  $B_2$  formé de porteuses  $k_2 = 2346$  à 4095, à porteuses allouées à un deuxième programme ;

-  $B_3$  formé de porteuses  $k_3 = 4096$  à 5845, à porteuses allouées à un troisième programme ;

-  $B_4$  formé de porteuses  $k_4 = 5846$  à 7595, à porteuses allouées à un quatrième programme ;

-  $B_5$  formé de porteuses  $k_5 = 7596$  à 8191, non émises.

La figure 2 présente le synoptique général d'un émetteur capable de générer et émettre un signal selon l'invention.

Il comprend tout d'abord 4 chaînes  $21_1$  à  $21_B$  parallèles indépendantes correspondant à B signaux source, et B blocs dans le signal pour cet exemple particulier.

Chaque signal source  $S_i$  (i variant de 0 à B-1) subit un codage de signal  $22_i$ , s'il s'agit d'un signal numérique. Il peut s'agir par exemple du codage décrit dans le document Alard et Lassalle déjà cité. Si le signal est analogique, il est simplement échantillonné.

Ensuite, les données sont avantageusement entrelacées en fréquence et/ou en temps ( $23_i$ ). Bien sûr, cet entrelacement est fait de façon stable, c'est-à-dire de façon que les données du signal  $S_i$  restent dans le bloc affecté à  $S_i$ .

Puis les données sont stockées dans des mémoires tampons  $24_i$  permettant la réalisation du signal complet, formé d'une série de symboles  $C_k$   $26$  par multiplexage fréquentiel  $25$  (c'est-à-dire lecture successive de chaque bloc dans les tampons  $24_i$ ).

A chaque trame, l'ordre de lecture des tampons peut changer (selon une séquence connue des récepteurs). Ainsi, il est possible de maintenir les qualités de diversité en fréquence d'un signal COFDM classique.

Les symboles  $C_k$  sont ensuite traités classiquement, par transformation de Fourier inverse (TFD<sup>-1</sup>)  $27$ , puis conversion numérique/analogique, transposition en RF et émission  $28$ . Comme indiqué précédemment, un seul signal est émis. Il n'y a donc pas d'écart de puissance significatif entre deux blocs.

Du fait de la structure du signal, il est possible à la réception d'utiliser une transformation agissant sur un nombre moindre de points que la transformation inverse mise en oeuvre à l'émission.

Pour cela, la transposition en fréquence basse réalisée par les récepteurs est sensiblement différente de celle effectuée classiquement, ainsi que cela est illustré en figure 3, dans le cas d'une transposition analogique.

Le signal  $31$  est classiquement émis en radiofréquence (RF), par exemple à 950 Mhz. Il subit donc une première multiplication  $32$  par une fréquence  $F_{RF}$ , qui le ramène en fréquence intermédiaire (FI), par exemple à 38,9 MHz. Une seconde multiplication  $34$  par une fréquence  $f_{FI}$  ramène le signal en fréquence basse.

De façon classique, et pour un canal RF donné, les fréquences  $f_{RF}$  et  $f_{FI}$  sont

fixes. En revanche, selon un mode de réalisation analogique de l'invention, l'une d'elles doit être variable.

En effet, on ne souhaite traiter qu'un seul bloc de signal, par exemple le bloc 35. On agit donc sur les fréquences de transposition pour que ce bloc 35 soit centré sur la  
5 fréquence nulle 36 après transposition (alors que généralement, c'est le signal complet qui est centré). Par exemple, si on agit sur  $f_{FI}$ , cette fréquence pourra être :  $f_{FI} = 38,9 \pm f_i$ , où  $f_i$  dépend du bloc sélectionné.

Après transposition, le bloc sélectionné est filtré (37). De façon à sélectionner  
10 toutes les données utiles, il est nécessaire d'utiliser un gabarit de filtrage englobant également des éléments inutiles (bande atténuée due à un filtrage nécessairement non idéalement rectangle) 38. En conséquence, on appliquera également une transformation 39 légèrement plus large.

Plus précisément, on utilise une fréquence d'échantillonnage 33 (par exemple  
15 2,25 MHz) légèrement supérieure à la largeur du bloc (par exemple 1,92 MHz), de façon à provoquer un suréchantillonnage. En conséquence, la transformation 39 est définie de façon à englober la moitié de la bande atténuée 38. Ainsi, se produit un repliement de spectre 310 qui reste dans la zone de la bande atténuée, et ne pollue donc pas le signal utile. Par exemple, si le bloc 35 comprend 1750 points, la transformation 89 portera sur  
20 2048 points.

La figure 4 illustre le cas d'un démodulateur analogique mettant en oeuvre cette  
technique.

Le signal reçu  $x(t)$  est classiquement transposé de RF en FI, par le démodulateur  
41, qui multiplie  $x(t)$  par  $\cos 2\pi f_{RF}t$ , puis filtré par un filtre FOS 42 centré sur la  
fréquence FI, par exemple de l'ordre de 35 MHz. La fréquence  $f_{RF}$  est délivrée par un  
25 oscillateur RF 43 de fréquence ajustable du synthoniseur permettant la sélection du canal RF.

Ensuite, on effectue la seconde transposition, qui est variable en fonction du bloc  
sélectionné. Elle est assurée par un second oscillateur variable 44, ajustable dans la bande  
 $f_0, \dots, f_{B-1}$  de façon à ramener en bande de base le bloc voulu.

La démodulation se fait alors classiquement, pour obtenir après filtrage passe-bas  
30

45<sub>I</sub>, 45<sub>Q</sub> et échantillonnage 46<sub>I</sub>, 46<sub>Q</sub> deux voies I<sub>n</sub> et Q<sub>n</sub> échantillonnées à la fréquence f<sub>s</sub> (par exemple 2,25 MHz) qui alimentent un circuit TFD 47 ne portant que sur le nombre de points (ou légèrement plus) formant le bloc (par exemple 2048).

5 Dans le cas d'une transposition numérique, telle qu'illustrée par la figure 5, on n'agit pas sur les fréquences RF et FI. En revanche, on réalise un échantillonnage à une fréquence beaucoup plus élevée (8 fois plus vite, par exemple) qu'en analogique.

Ainsi, le signal est classiquement transposé (51), filtré (52), numérisé (53) à une fréquence f<sub>s</sub> de l'ordre de 18MHz, puis à nouveau filtré (52').

10 La sélection d'un bloc se fait ensuite en multipliant 54 chaque échantillon par e<sup>iφ(t)</sup>, où φ(t) dépend du bloc voulu. Le signal obtenu est filtré par un filtre passe-bas 55, puis sous-échantillonné 56 d'un ordre 4, de façon à récupérer le signal voulu, qui alimente, après filtrage d'interpolation 57, 57', un circuit TFD 58.

**REVENDICATIONS**

1. Signal destiné à être transmis vers une pluralité de récepteurs, du type comprenant au moins deux signaux source et constitué d'une pluralité de fréquences porteuses sensiblement orthogonales modulées indépendamment, réparties sur une bande de fréquence déterminée,

5 caractérisé en ce que ladite bande de fréquence (12) est découpée en au moins deux sous-bandes de fréquence ( $13_1$  à  $13_4$ ) comprenant chacune un jeu desdites fréquences porteuses sensiblement orthogonales (11), et en ce qu'on affecte à chacune desdites sous-bandes l'un desdits signaux source ( $S_i$ ), de façon qu'un récepteur puisse extraire du signal transmis, par filtrage, au moins une desdites sous-bandes et effectuer un traitement de démodulation uniquement sur les fréquences porteuses contenues dans les sous-bandes extraites.

10 2. Signal selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites sous-bandes ( $13_1$  à  $13_4$ ) sont jointives.

15 3. Signal selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que lesdites sous-bandes ( $13_1$  à  $13_4$ ) présentent des largeurs de bandes identiques.

4. Signal selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'affectation desdits signaux source ( $S_i$ ) auxdites sous-bandes ( $13_1$  à  $13_4$ ) est variable dans le temps, de façon à maximiser la diversité en fréquence.

20 5. Signal selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite affectation est modifiée à chaque émission d'une trame dudit signal.

6. Signal selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'au moins un premier desdits signaux source ( $S_i$ ) correspond à des informations de base d'un programme et au moins un second desdits signaux source ( $S_i$ ) correspond à des informations complémentaires desdites informations de base, de façon à définir au moins deux niveaux de qualité de récepteur :

- un premier niveau de qualité correspondant à des récepteurs capables de traiter uniquement la sous-bande correspondant audit premier signal source ; et

30 - un second niveau de qualité correspondant à des récepteurs capables de

traiter les sous-bandes correspondant auxdits premier et second signaux source.

7. Procédé d'émission d'un signal selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- 5           - affectation audit signal d'une bande de fréquence déterminée (12), dans laquelle est définie une pluralité de fréquences porteuses sensiblement orthogonales (11) ;
- découpage de ladite bande de fréquence (12) en au moins deux sous-bandes de fréquence ( $13_1$  à  $13_4$ ), comprenant chacune un jeu desdites
- 10           - fréquences porteuses sensiblement orthogonales ;
- réception d'au moins deux signaux source ( $S_i$ ) à émettre ;
- affectation à chacun desdits signaux source d'une desdites sous-bandes de fréquence ;
- regroupement desdites sous-bandes, de façon à former ledit signal à
- 15           - émettre ; et
- émission dudit signal à émettre.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que lesdites sous-bandes ( $13_1$  à  $13_4$ ) sont jointives.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que ladite étape de regroupement des sous-bandes est précédée d'une étape de codage

20           indépendant ( $22_i$ ) et d'entrelacement fréquentiel et temporel ( $23_i$ ) de chacun desdits signaux source, de façon à obtenir un jeu de signaux codés destinés à moduler chacun une desdites fréquences porteuses de la sous-bande affectée audit signal source.

10. Récepteur d'un signal selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé

25           en ce qu'il comprend :

- des moyens de sélection d'un programme donné, correspondant à au moins une desdites sous-bandes ( $13_1$  à  $13_4$ ) ; et
- des moyens de transformation mathématique (47 ; 58) agissant sur les fréquences porteuses contenues dans la ou les sous-bandes sélectionnées.

30           11. Récepteur selon la revendication 10, caractérisé en ce que lesdits moyens de



sélection comprennent des moyens de transposition analogique comprenant un premier oscillateur de transposition RF (43) et un second oscillateur de transposition FI (44), et des moyens de contrôle de la fréquence d'oscillation dudit premier et/ou dudit second oscillateur, en fonction de la ou des sous-bandes sélectionnées, de façon que celles-ci soient centrées sur une fréquence prédéterminée.

5

12. Récepteur selon la revendication 10, caractérisé en ce que lesdits moyens de sélection comprennent des premiers moyens de transposition analogique (51, 52) et des seconds moyens de transposition numérique (54) variables en fonction de la ou des sous-bandes sélectionnées, et des moyens de sous-échantillonnage (56).

10

13. Récepteur selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que lesdits moyens de transformation mathématique (47 ; 58) agissent sur un nombre de fréquences porteuses légèrement supérieur au nombre de fréquences porteuses contenues dans la ou les sous-bandes extraites, de façon à compenser l'imperfection due au filtrage d'extraction desdites sous-bandes.

1/2

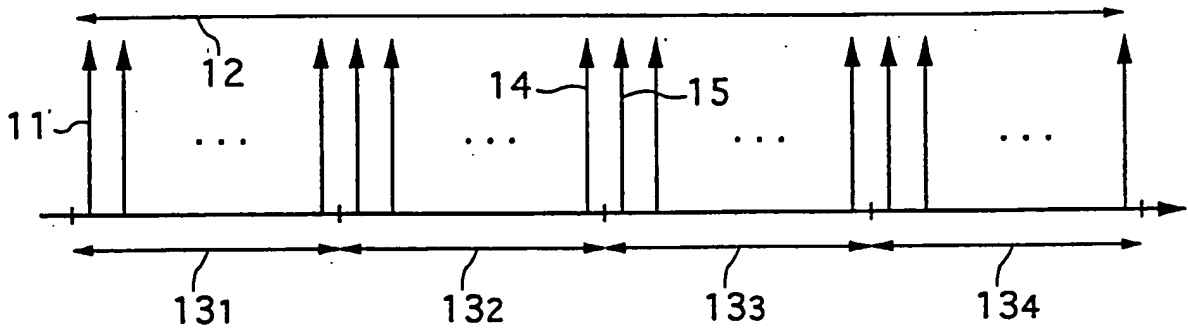


Fig. 1

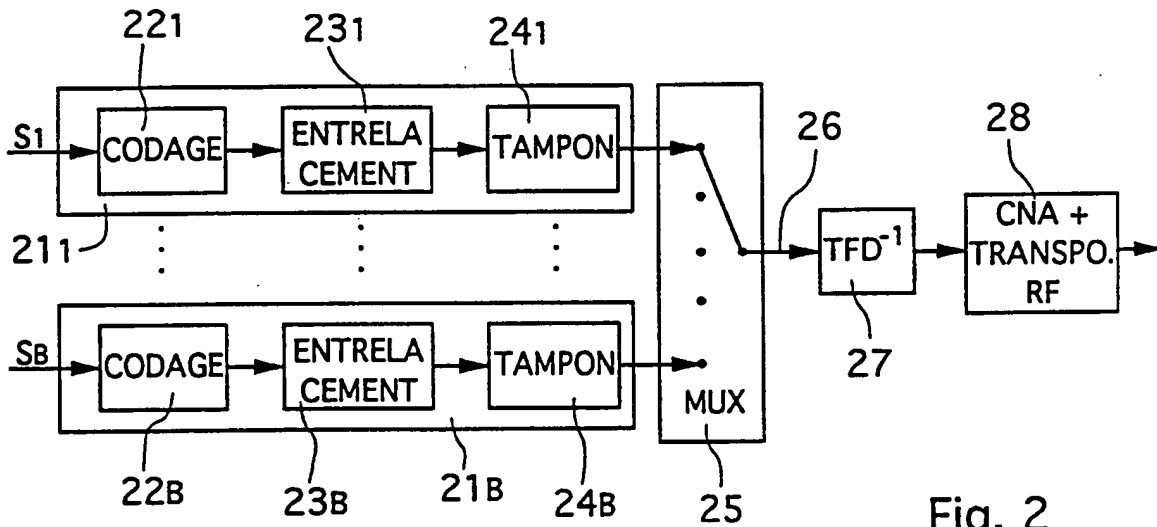


Fig. 2

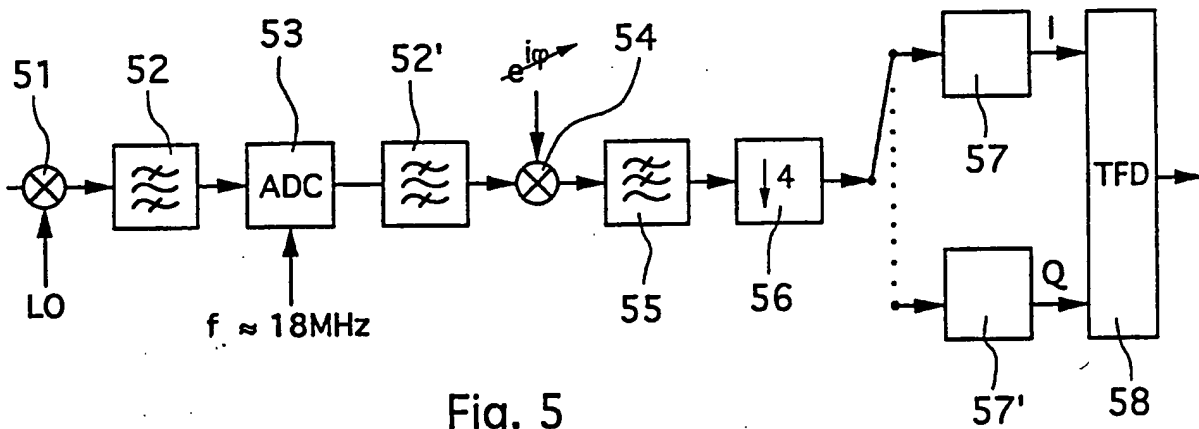


Fig. 5

2/2

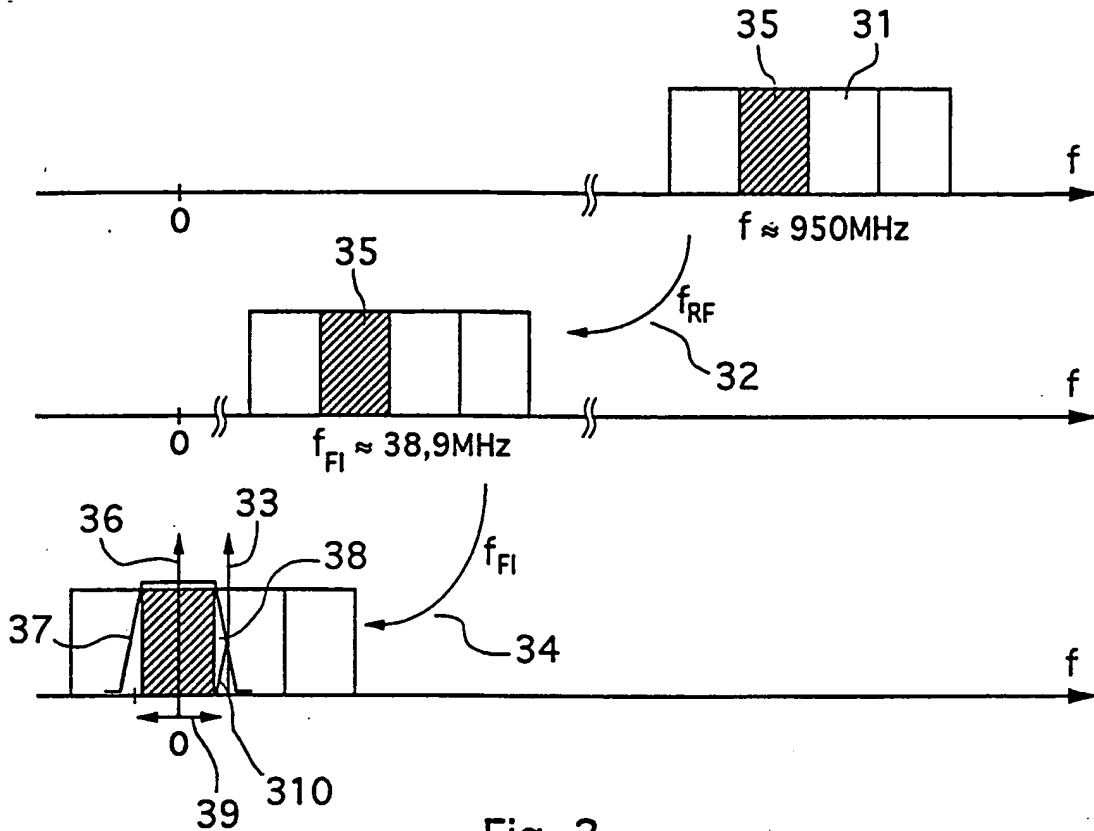


Fig. 3

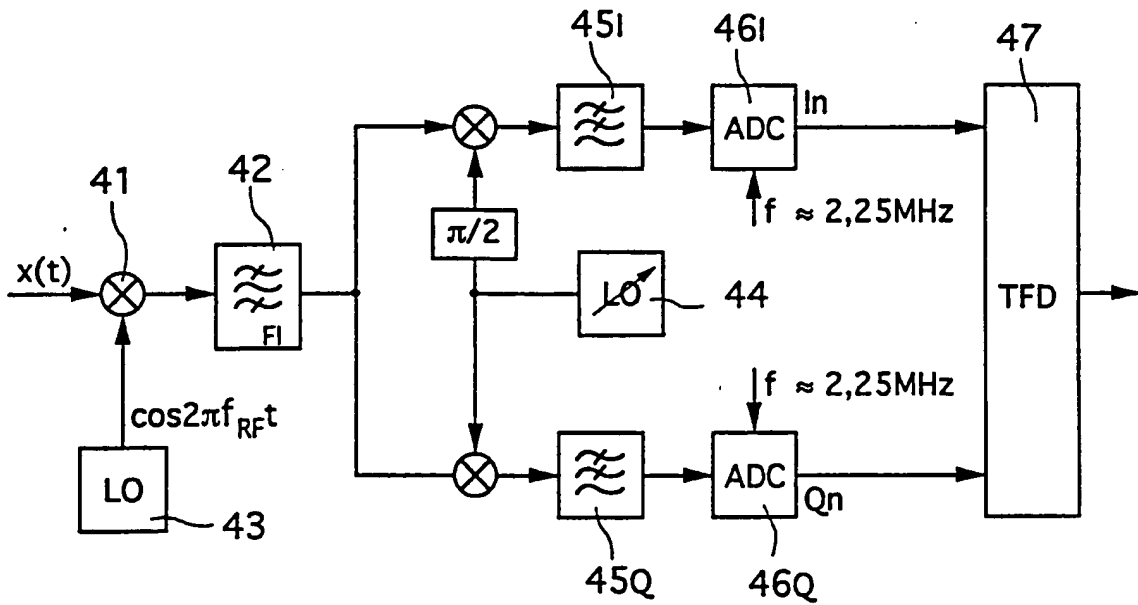


Fig. 4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal Application No  
PCT/FR 95/00775

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 H04L5/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>BELL SYSTEM TECHNICAL JOURNAL, vol. 45, no. 10, December 1966 NEW YORK US, pages 1775-1796, CHANG 'Synthesis of band-limited orthogonal signals for multichannel data transmission' see page 1794, paragraph 4 - page 1795, paragraph 1</p> <p style="text-align: center;">--- -/--</p>	<p>1,7, 10-13</p>

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 September 1995

Date of mailing of the international search report

28.09.95

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Scriven, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 95/00775

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>ALTA FREQUENZA, vol. LVII, no. 10, December 1988 MILANO IT, pages 545-559, DEL R &amp; FANTACCI 'Digital multicarrier demodulator for regenerative communication satellites' see page 546, right column, paragraph 4 - page 547, left column, paragraph 2 ---</p>	1
A	<p>EP-A-0 589 709 (MATSUSHITA) 30 March 1994 see abstract see page 42, line 47 - page 43, line 25 see page 45, line 32 - line 38 ---</p>	6,10
A	<p>IÉEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATINS 1993, 23 May 1993 GENEVA, CH, pages 1785-1790, DE BOT ET AL. 'An example of a multi-resolution digital terrestrial TV modem' see abstract; figures 5,6 -----</p>	6,10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 95/00775

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0589709	30-03-94	AU-B- 660123	08-06-95
		AU-B- 5905294	20-10-94
		CA-A- 2106919	26-03-94
		CA-A- 2119983	26-09-94
		CN-A- 1099544	01-03-95
		EP-A- 0617531	28-09-94
		JP-A- 7099522	11-04-95
		AU-B- 3552093	30-09-93
		EP-A- 0562875	29-09-93
		JP-A- 6164665	10-06-94

---

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Den Internationale No  
PCT/FR 95/00775

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 6 H04L5/06

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 H04L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	BELL SYSTEM TECHNICAL JOURNAL, vol. 45, no. 10, Décembre 1966 NEW YORK US, pages 1775-1796, CHANG 'Synthesis of band-limited orthogonal signals for multichannel data transmission' voir page 1794, alinéa 4 - page 1795, alinéa 1  ---  -/--	1,7, 10-13

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

15 Septembre 1995

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

28.09.95

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Scriven, P

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Den. Internationale No  
PCT/FR 95/00775

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>ALTA FREQUENZA, vol. LVII, no. 10, Décembre 1988 MILANO IT, pages 545-559, DEL R &amp; FANTACCI 'Digital multicarrier demodulator for regenerative communication satellites' voir page 546, colonne de droite, alinéa 4 - page 547, colonne de gauche, alinéa 2 ----</p>	1
A	<p>EP-A-0 589 709 (MATSUSHITA) 30 Mars 1994 voir abrégé voir page 42, ligne 47 - page 43, ligne 25 voir page 45, ligne 32 - ligne 38 ----</p>	6,10
A	<p>IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATINS 1993, 23 Mai 1993 GENEVA, CH, pages 1785-1790, DE BOT ET AL. 'An example of a multi-resolution digital terrestrial TV modem' voir abrégé; figures 5,6 -----</p>	6,10